

ТОЧІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАСИВНОЇ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ДВОМА РОЗНЕСЕНИМИ В ПРОСТОРІ ПЕЛЕНГАТОРАМИ

Фурманчук В. Ю.; Жук С. Я., д.т.н., професор

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

В пасивній радіолокаційній системі з рознесеними в просторі двома пеленгаторами для визначення координат місця знаходження джерела випромінювання, достатньо виміряти

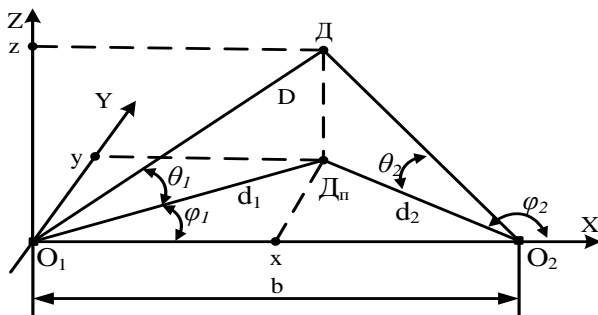


Рисунок 1.

азимуту φ_1 і φ_2 в двох пунктах і кут місця θ_1 в одному, або, навпаки два кути місця θ_1 і θ_2 і азимут φ_1 (рис. 1).

На основі теореми синусів дальність від точок прийому до проекції цілі на площину розраховується по формулі:

$$d_1 = \frac{b \cdot \sin(180^\circ - \varphi_2)}{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)}, \quad (1)$$

де b – база РЛС (відстань між двома пеленгаторами).

Рівняння вимірювання кутів мають вигляд:

$$\varphi_1^e = \varphi_1 + \Delta\varphi_1; \quad \varphi_2^e = \varphi_2 + \Delta\varphi_2; \quad \theta_1^e = \theta_1 + \Delta\theta_1, \quad (2)$$

де φ_1^e , φ_2^e , θ_1^e – виміряні значення кутів; φ_1 , φ_2 , θ_1 – істинні значення кутів; $\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi_2$, $\Delta\theta_1$ – похибки вимірювання кутів.

Підставляючи (2) в (1) і розкладаючи нелінійні функції в ряд Тейлора, а також обмежуючись членами першого порядку малості, після спрощень отримаємо вираз:

$$d_1^e = d_1 + \Delta d_1, \quad (3)$$

де d_1 – істинне значення відстані, Δd_1 – похибка вимірювання відстані, яка знаходиться по формулі:

$$\Delta d_1 = c_1 \cdot \Delta\varphi_1 + c_2 \cdot \Delta\varphi_2, \quad (4)$$

де c_1 , c_2 – коефіцієнти, які мають вигляд

$$c_1 = -\frac{b \cdot \sin(180^\circ - \varphi_2) \cdot \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}{\sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)};$$

$$c_2 = -\frac{b}{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)} \cdot \left(\frac{\cos(180^\circ - \varphi_2) - \sin(180^\circ - \varphi_2) \cdot \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)} \right).$$

Відстань від першого пеленгатора до джерела випромінювання в просторі розраховується по формулі:

$$D_1 = \frac{b}{\cos \theta_1 \cdot (\cos \varphi_1 - \sin \varphi_1 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2)} \quad (5)$$

Використовуючи розглянуту вище методику, похибку вимірювання відстані D_1 можна представити у вигляді:

$$\Delta D_1 = k_1 \cdot \Delta \varphi_1 + k_2 \cdot \Delta \varphi_2 + k_3 \cdot \Delta \theta_1, \quad (6)$$

де k_1, k_2, k_3 - коефіцієнти, які мають вигляд

$$k_1 = \frac{D_1 \cdot (\sin \varphi_1 + \cos \varphi_1 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2)}{\cos \varphi_1 - \sin \varphi_1 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2};$$

$$k_2 = \frac{D_1 \cdot \sin \varphi_1}{\sin^2 \varphi_2 \cdot (\cos \varphi_1 - \sin \varphi_1 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2)}; \quad k_3 = \frac{D_1 \cdot \sin \theta_1}{\cos \theta_1}.$$

Координати джерела випромінювання в прямокутній і сферичній системах координат зв'язані залежностями:

$$x = d_1 \cdot \sin \varphi_1; y = d_1 \cdot \cos \varphi_1; z = D_1 \cdot \sin \theta_1 \quad (7)$$

Можна показати, що помилки визначення координат x, y та z з урахуванням (2), (4), (6) розраховуються по формулам:

$$\Delta y = \alpha_1 \cdot \Delta \varphi_1 + \alpha_2 \cdot \Delta \varphi_2; \quad (8)$$

$$\Delta x = \beta_1 \cdot \Delta \varphi_1 + \beta_2 \cdot \Delta \varphi_2; \quad (9)$$

$$\Delta z = \gamma_1 \cdot \Delta \varphi_1 + \gamma_2 \cdot \Delta \varphi_2 + \gamma_3 \cdot \Delta \theta_1 \quad (10)$$

З використанням виразів (3), (6), (8)-(10), дисперсії відповідних похибок та їх кореляційні моменти розраховуються наступним чином:

$$\sigma_{D_1}^2 = k_1^2 \cdot \sigma_{\varphi_1}^2 + k_2^2 \cdot \sigma_{\varphi_2}^2 + k_3^2 \cdot \sigma_{\theta_1}^2; \quad \sigma_{d_1}^2 = c_1^2 \cdot \sigma_{\varphi_1}^2 + c_2^2 \cdot \sigma_{\varphi_2}^2;$$

$$\sigma_x^2 = \beta_1^2 \cdot \sigma_{\varphi_1}^2 + \beta_2^2 \cdot \sigma_{\varphi_2}^2; \quad \sigma_y^2 = \alpha_1^2 \cdot \sigma_{\varphi_1}^2 + \alpha_2^2 \cdot \sigma_{\varphi_2}^2;$$

$$\sigma_z^2 = \gamma_1^2 \cdot \sigma_{\varphi_1}^2 + \gamma_2^2 \cdot \sigma_{\varphi_2}^2 + \gamma_3^2 \cdot \sigma_{\theta_1}^2; \quad r_{xy} = \alpha_1 \cdot \beta_1 \cdot \sigma_{\varphi_1}^2 + \alpha_2 \cdot \beta_2 \cdot \sigma_{\varphi_2}^2;$$

$$r_{xz} = \alpha_1 \cdot \gamma_1 \cdot \sigma_{\varphi_1}^2 + \alpha_2 \cdot \gamma_2 \cdot \sigma_{\varphi_2}^2; \quad r_{yz} = \beta_1 \cdot \gamma_1 \cdot \sigma_{\varphi_1}^2 + \beta_2 \cdot \gamma_2 \cdot \sigma_{\varphi_2}^2.$$

Точнісні характеристик розглянутої пасивної радіолокаційної системи розраховані для випадку коли джерело випромінювання розміщено на висоті 5 км, а його проекція знаходиться на окружності радіусом 150 км. Відстань між пеленгаторами 25 км.

На рис. 2 зображені залежності СКВ помилок визначення координат цілі $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \sigma_{d_1}, \sigma_{D_1}$ та кореляційні моменти r_{xy}, r_{xz}, r_{yz} . Розглянуті чи-

слові характеристики похибок визначення координат джерела випромінювання залежать від кутів приходу сигналу.

Зі збільшенням дальності до джерела СКО помилок визначення координат збільшуються. Існує значна кореляція між помилками вимірювання в прямокутній системі координат, що необхідно враховувати при розробці алгоритмів вторинної обробки радіолокаційної інформації.

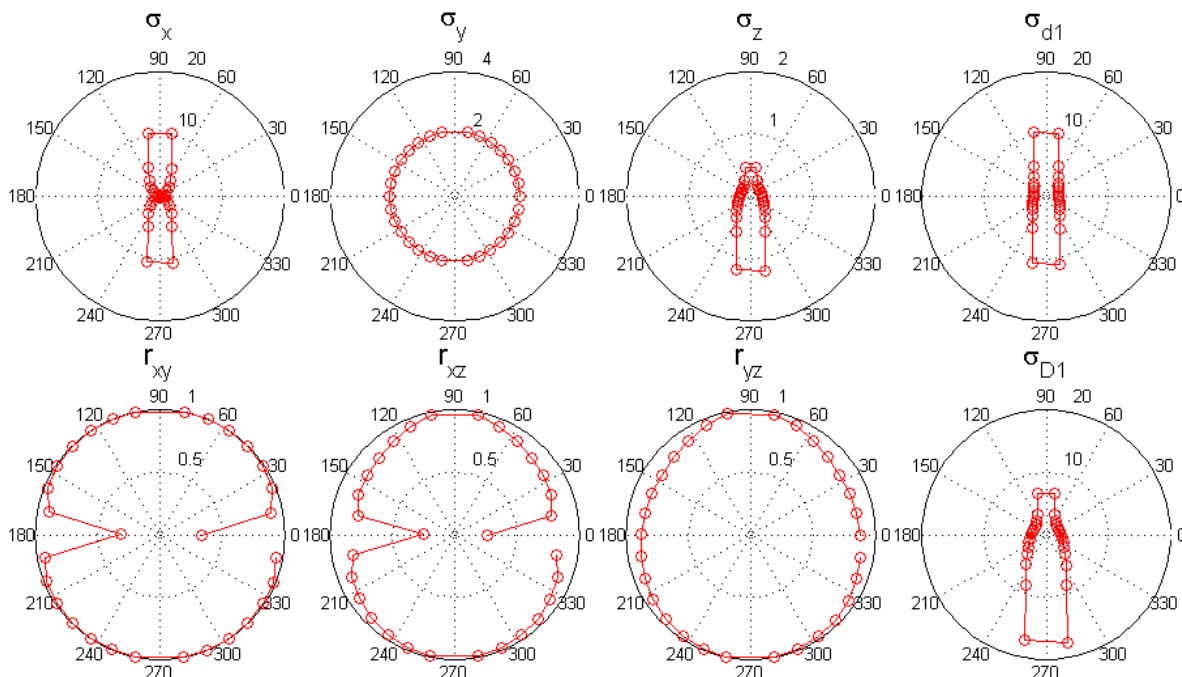


Рисунок 2.

Перелік посилань

1. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника / В. И. Тихонов, — М.: Радио и связь, 1982. — 624 с.

Анотація

Проведений аналіз точносних характеристик пасивної радіолокаційної системи з двома рознесеними пеленгаторами. Проаналізовано СКВ похибок визначення координат цілі в прямокутній системі координат та їх кореляційні моменти.

Ключові слова: пеленгатор, триангуляційний метод.

Аннотация

Проведенный анализ точностных характеристик пассивной радиолокационной системы с двумя разнесенными пеленгаторами. Проанализированы СКО погрешностей определения координат цели в прямоугольной системе координат и их корреляционные моменты.

Ключевые слова: пеленгатор, триангуляционный метод.

Abstract

Analyzed of precision characteristics of passive radar system with two delivered direction finders. Are analyzed a mean SD of an error of determination of coordinates of the purpose in a rectangular coordinate system and their correlation moments.

Keywords: direction finder, triangularly method.